Logotipo

Descripción generada automáticamente con confianza media

**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

**ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**

**Teoria de comunicaciones y señales**

**3CV13**

**Practica 01**

**Simulación de la serie trigonometrica de Fourier**

**Integrantes:**

* **Bocanegra Heziquio Yestlanezi**
* **Martinez Cruz José Antonio**
* **Martinez Ramirez Bryan Jair**

**Profesora: Jaqueline Arzate Gordillo**

Índice

[1. Objetivo 4](#_Toc133431267)

[2. Antecedentes 4](#_Toc133431268)

[3. Desarrollo 7](#_Toc133431269)

[a. Observe la función f(t) 7](#_Toc133431270)

[Actividad 3.1 8](#_Toc133431271)

[ACTIVIDAD 3.2 11](#_Toc133431272)

[ACTIVIDAD 3.3 12](#_Toc133431273)

[Pregunta 1. 12](#_Toc133431274)

[Pregunta 2. 12](#_Toc133431275)

[Pregunta 3. 12](#_Toc133431276)

[ACTIVIDAD 3.4 13](#_Toc133431277)

[Actividad 3.4.2 14](#_Toc133431278)

[Actividad 3.4.3 18](#_Toc133431279)

[ACTIVIDAD 3.5 19](#_Toc133431280)

[ACTIVIDAD 3.6 21](#_Toc133431281)

[Pregunta 21](#_Toc133431282)

[Respuesta 21](#_Toc133431283)

[4. Conclusiones 22](#_Toc133431284)

[5. Referencias 23](#_Toc133431285)

# Índice de imágenes

[Imagen 1 Ecuación en derivadas parciales 4](#_Toc133431291)

[Imagen 2 Suma infinita de senos y cosenos 4](#_Toc133431292)

[Imagen 3 Suma infinita de senos y cosenos 4](#_Toc133431293)

[Imagen 4 Dirichlet 5](#_Toc133431294)

[Imagen 5 Serie finita trigonométrica de Fourier 5](#_Toc133431295)

[Imagen 6 Serie infinita trigonométrica de Fourier 6](#_Toc133431296)

[Imagen 7 Onda simulada desde MultiSim 11](#_Toc133431297)

[Imagen 8 Señal original 11](#_Toc133431298)

[Imagen 9 Circuito simulado en MultiSim 12](#_Toc133431299)

[Imagen 10 Onda Simulada en MultiSim con los 3 primeros y últimos términos. 12](#_Toc133431300)

[Imagen 11 Graficada en Matlab utilizando 100 términos 14](#_Toc133431301)

[Imagen 12 Graficada en Matlab utilizando 6 términos 15](#_Toc133431302)

[Imagen 13 Graficada en Demos utilizando 15 términos 15](#_Toc133431303)

[Imagen 14 Graficada en Demos utilizando 6 términos 16](#_Toc133431304)

[Imagen 15 Circuito con 6 términos en MultiSim 16](#_Toc133431305)

[Imagen 16 Señal simulada usando MultiSim 17](#_Toc133431306)

[Imagen 17 Gráfica de la señal desde Matlab 17](#_Toc133431307)

[Imagen 18 Graficada en Matlab 20](#_Toc133431308)

# Índice de figuras

[Figura 1 Serie trigonométrica de Fourier 7](#_Toc133431321)

[Figura 2 sinusoides de f(t) 7](#_Toc133431322)

[Figura 3 Circuito desde MultiSim 8](#_Toc133431323)

[Figura 4 Formula 8](#_Toc133431324)

[Figura 5 Visualización del osciloscopio 9](#_Toc133431325)

[Figura 6 Conexión del osciloscopio (a) 10](#_Toc133431326)

[Figura 7 Conexión del osciloscopio (b) 10](#_Toc133431327)

[Figura 8 Señal 13](#_Toc133431328)

# Objetivo

El alumno analizará, comprenderá y verificará la STF de funciones dadas, empleando circuitos electrónicos simulados con el programa MULTISIM o equivalente.

# Antecedentes

La serie de Fourier es una herramienta matemática utilizada para representar una función periódica como una suma de funciones sinusoidales y cosinusoidales [1]. Esta serie fue desarrollada por el matemático francés Jean Baptiste Joseph Fourier en el siglo XIX como una solución formal de ecuaciones en derivadas parciales de onda y calor en intervalos espaciales finitos:

Texto

Descripción generada automáticamente

Imagen 1 Ecuación en derivadas parciales

Una de las glorias coronadas de la matemática del siglo diecinueve fue el descubrimiento de que una función periódica 𝑓(𝑡) de periodo 𝑇 bajo ciertas condiciones generales se puede representar con la serie (suma) infinita de senos y cosenos:

Texto

Descripción generada automáticamente

Imagen 2 Suma infinita de senos y cosenos

O bien, si se sustituye la relación 2𝜋/𝑇 = 𝜔, se tiene,  
Texto

Descripción generada automáticamente

Imagen 3 Suma infinita de senos y cosenos

Estas series llamadas series trigonométrica de Fourier convergen a los valores de f (t) en todos los puntos del intervalo [0,T] con posibles excepciones en los puntos de discontinuidad y los puntos extremos del intervalo [1].  
Un ejemplo inmediato, es su uso en análisis de redes eléctricas para estudiar la respuesta de estado permanente a una señal de entrada periódica que inicia idealmente en el tiempo igual a cero y dura para siempre.

Además, se usa para estudiar la señal de entrada y la respuesta de la red, en función del contenido de frecuencias. La idea de contenido de frecuencias de las formas de onda de señales es útil en los problemas de ingeniería, y constituyen la base de gran parte del lenguaje que usan los ingenieros principalmente los electricistas y electrónicos [2].

Series Trigonométricas de Fourier

Si una forma de onda 𝑓(𝑡) de periodo 𝑇, (𝑓 𝑡 + 𝑛𝑇 = 𝑓(𝑡), con n entero) cumple con las condiciones llamadas de Dirichlet:

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Imagen 4 Dirichlet

1. tiene un número finito de discontinuidades en el periodo T, si es discontinua en ese periodo.   
2. el valor medio en el periodo T es finito (no tiene asíntotas verticales)   
3. tiene un número finito de máximos y mínimos en T (no oscila infinitamente) Entonces f (t) puede “aproximarse” por la llamada serie finita trigonométrica de Fourier [3].

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Imagen 5 Serie finita trigonométrica de Fourier

Además, cuando hacemos que 𝑁 aumente, 𝑆𝑁(𝑡) aproxima cada vez “mejor” (converge) a 𝑓(𝑡) en los valores de 𝑡 para los cuales 𝑓(𝑡) es continua y a 1 2 𝑓 𝑡 − + 𝑓𝑡+ en los puntos de discontinuidad. (Los valores 𝑡− y 𝑡+ denotan puntos cercanos a la izquierda y a la derecha de t respectivamente) Finalmente cuando 𝑁 → ∞, 𝑆𝑁 → 𝑓(𝑡) se acostumbra a representar a f (t) como una serie infinita trigonométrica de Fourier:

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Correo electrónico

Descripción generada automáticamente

Imagen 6 Serie infinita trigonométrica de Fourier

# Desarrollo

* 1. Observe la función f(t) mostrada en la figura 1. La serie trigonométrica de Fourier de esta función está dada por la ecuación (1)

Imagen que contiene Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente

Figura 1 Serie trigonométrica de Fourier

La S.T.F. establece que, cualesquiera funciones f(t) periódica está compuesta por un grupo infinito de sinusoides de frecuencias:

Las sinusoides componentes de f(t), según la ecuación (1) son:

Imagen que contiene Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura 2 sinusoides de f(t)

En la figura 3 se muestra la generación de f(t) mediante algunos de estos componentes, usando un circuito electrónico. Estrictamente f(t) solo está aproximada, pues tendrían que sumarse un grupo infinito de términos en el sistema para representarla de manera exacta.



Figura 3 Circuito desde MultiSim

## Actividad 3.1

Usando el programa de simulación de circuitos, MULTISIM, construya virtualmente el circuito de la figura 3. Para ello siga las indicaciones siguientes:

1. Cada fuente de voltaje alterno (equivalente a un término en la sumatoria sinusoidal de Fourier), ajustar a una frecuencia en Hz, convirtiendo rad/seg a Hz, usando la formula siguiente:

Texto, Carta

Descripción generada automáticamente

Figura 4 Formula

1. Ajuste en el recuadro de fase el valor de 90, (este significa una función seno desfasada 90 grados, pues cada uno de los términos en la serie son señales coseno). Véase figura 5.
2. Ajuste la amplitud pico de cada componente según corresponda. Véase figura 5

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura 5 Visualización del osciloscopio

1. Conecte el osciloscopio tektronix a la salida del circuito y ajuste los controles hasta observar claramente la forma de la señal de voltaje de salida (puede usar el botón auto set ubicado en la carátula del osciloscopio). Veáse figura 6

Interfaz de usuario gráfica, Diagrama

Descripción generada automáticamente

Figura 6 Conexión del osciloscopio (a)

Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente

Figura 7 Conexión del osciloscopio (b)

# ACTIVIDAD 3.2

Compare la señal del osciloscopio con la señal de la figura 1 y escriba sus conclusiones.

Captura de pantalla de computadora

Descripción generada automáticamente

Imagen 7 Onda simulada desde MultiSim

Imagen en blanco y negro

Descripción generada automáticamente con confianza media

Imagen 8 Señal original

Al realizar la simulación en el programa Multisim observamos que la simulación es comparada con la serie original donde es la misma pero no es igual ya que no son muchos términos los que se usan para hacer crear la señal, la señal solo se mostraría igual, si usáramos todos los términos de los valores de N fuentes seria la misma que en la serie original.

# ACTIVIDAD 3.3

Modifique el circuito de la figura 1, de tal manera que solo se sumen unos armónicos seleccionados. Por ejemplo, las primeras 3 componentes (n=1,2,3) Y posteriormente las 3 componentes de mayor frecuencia (por ejemplo, n= 10,15,16).

Compare ambos resultados

Imagen que contiene Aplicación

Descripción generada automáticamente

Imagen 9 Circuito simulado en MultiSim

Interfaz de usuario gráfica

Descripción generada automáticamente

Imagen 10 Onda Simulada en MultiSim con los 3 primeros y últimos términos.

Pregunta 1. ¿A qué conclusiones llega?

Podemos observar en la imagen 10 que la señal es la misma, pero en este caso es más parecida a la señal original que se muestra en la Figura 1.

Pregunta 2. ¿Cuáles son las componentes que definen la forma de f(t)?

Los primeros tres componentes son los que definen la forma de f(t).

Pregunta 3. ¿Cuáles componentes únicamente afinan a f(t)?

Los últimos componentes son aquellos que afinan la señal.

# ACTIVIDAD 3.4

Encuentre la STF de la señal mostrada en la figura 8.

Imagen que contiene objeto

Descripción generada automáticamente

Figura 8 Señal

De la Figura 8 podemos observar lo siguiente:

Entonces

Para n=1,2,3, 10,15,16; y A=1

Tenemos como resultado:

## Actividad 3.4.2

Gráfico

Descripción generada automáticamenteGráfique la expresión resultante en un programa de computadora.

Imagen 11 Graficada en Matlab utilizando 100 términos

Gráfico, Gráfico de líneas

Descripción generada automáticamente

Imagen 12 Graficada en Matlab utilizando 6 términos

Gráfico, Gráfico de líneas

Descripción generada automáticamente

Imagen 13 Graficada en Demos utilizando 15 términos

Gráfico, Gráfico de líneas

Descripción generada automáticamente

Imagen 14 Graficada en Demos utilizando 6 términos

Al simularlo en MultiSim obtenemos el siguiente circuito:

Interfaz de usuario gráfica, Aplicación

Descripción generada automáticamente

Imagen 15 Circuito con 6 términos en MultiSim

Al simular la onda nos arroja lo siguiente:

Captura de pantalla de computadora

Descripción generada automáticamente

Imagen 16 Señal simulada usando MultiSim

Gráfico, Gráfico de líneas

Descripción generada automáticamente

Imagen 17 Gráfica de la señal desde Matlab

Como podemos observar la señal simulada y la graficada son muy similares en forma, solo varean por la afinación que tienen la simulación, pero se puede apreciar que tienen la misma forma y amplitud.

## Actividad 3.4.3

Repita los puntos 3.2 y 3.3 para esta forma de onda g(t).

# ACTIVIDAD 3.5

Usando su creatividad, invente una forma de onda peculiar h(t), desarrolle su serie exponencial de fourier. A partir de ella encuentre la serie trigonométrica, grafíquela y repita las actividades 3.1 y 3.2

**Sabemos que:**

Gráfico

Descripción generada automáticamente con confianza media

Imagen 18 Graficada en Matlab

# ACTIVIDAD 3.6

## Pregunta

Si quisiera usar el concepto de Serie trigonométrica de Fourier para generar señales periódicas cuadradas, triangulares, dientes de sierra y de otro tipo, usando n fuentes de voltaje alterno. ¿Qué parámetro tendría que modificar en la serie trigonométrica de cada una de estas funciones para hacer ajustable el periodo de éstas?

## Respuesta

Es necesario ajustar los coeficientes de la serie en función del periodo de la señal que se quiere generar.

En general, la serie de Fourier se puede representar como una suma de funciones sinusoidales y cosinusoidales con diferentes frecuencias y amplitudes. Para una señal periódica con periodo T, las frecuencias de las funciones sinusoidales y cosinusoidales deben ser múltiplos enteros de la frecuencia fundamental 1/T. Es decir, si se quiere generar una señal periódica con un periodo de T segundos, las frecuencias de las funciones sinusoidales y cosinusoidales en la serie de Fourier deben ser múltiplos enteros de 1/T.

Para generar una señal cuadrada periódica, se puede utilizar la serie de Fourier con solo términos impares. Los coeficientes en la serie de Fourier de una señal cuadrada periódica se pueden ajustar para variar el ancho del pulso de la señal cuadrada.

Para generar una señal triangular periódica, se pueden utilizar los términos impares y pares en la serie de Fourier. Los coeficientes en la serie de Fourier de una señal triangular periódica se pueden ajustar para variar la pendiente de la señal.

Para generar una señal diente de sierra periódica, se pueden utilizar solo los términos impares en la serie de Fourier. Los coeficientes en la serie de Fourier de una señal diente de sierra periódica se pueden ajustar para variar la pendiente de la señal

# Conclusiones

# 5. Referencias

[1] J. B. Fourier, "Théorie Analytique de la Chaleur," Paris: Chez Firmin Didot, 1822.

[2] T. W. Körner, "Fourier Analysis," Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

[3] A. V. Oppenheim and R. W. Schafer, "Discrete-Time Signal Processing," 3rd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010.